# Carbohidratos

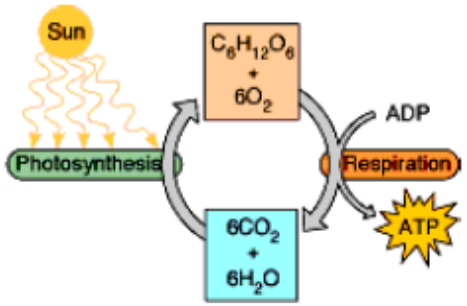
II Semestre

**Dra. Carolina Centeno-Cerdas**

TEC | Tecnológico de Costa Rica

# Carbohidratos:

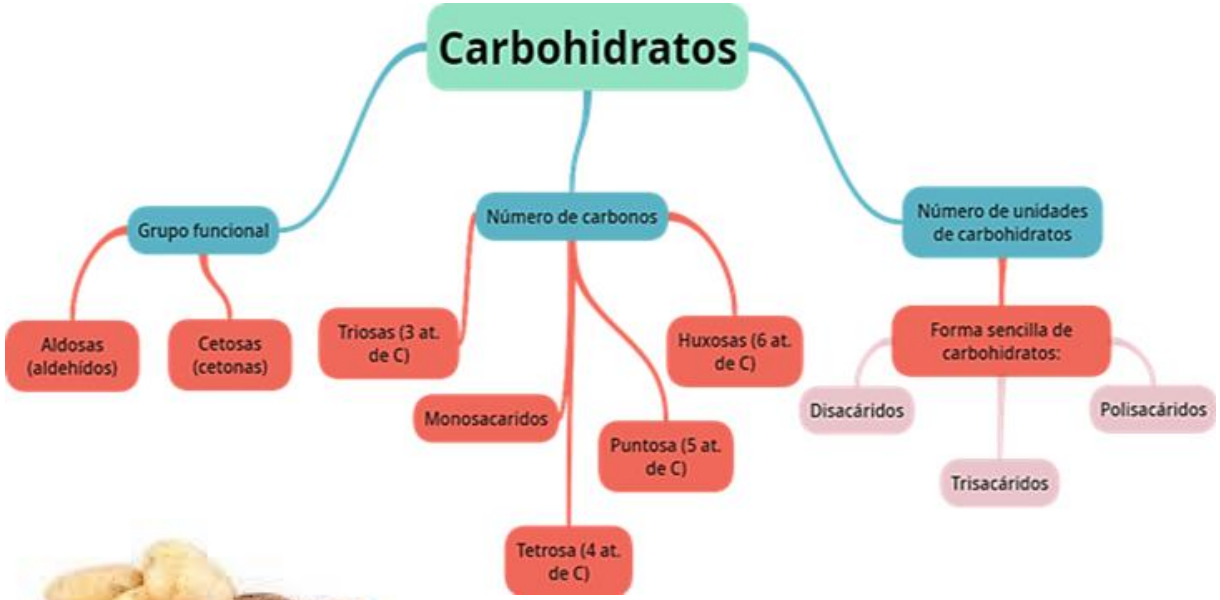
## Aldehídos o cetonas derivados de polihidroxialcoholes(C*H2O)




- Funciones:
  - Fuente de energía
  - Moléculas de reconocimiento celular
  - Lubricantes de articulaciones
  - Componentes de la matriz intra-y extracelular (soporte estructural)
  - Componentes del tejido conectivo
  - Componentes de los ácidos nucléicos
  - Aporte de fibra

# Se pueden clasificar…

- En Endógenos / Exógenos
- Según el número de subunidades
  - Monosacáridos
    - Número de carbonos
    - Función aldehído o cetona
  - Oligosacáridos
    - Número de residuos
  - Polisacáridos
    - Homo/Heterosacáridos



# Monosacáridos

TEC | Tecnológico de Costa Rica

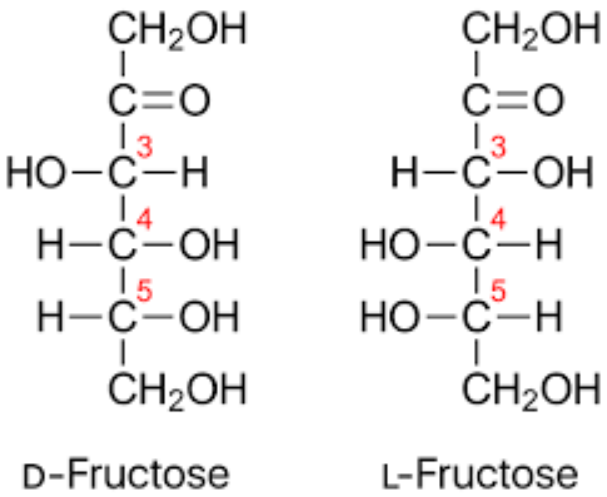
# Monosacáridos

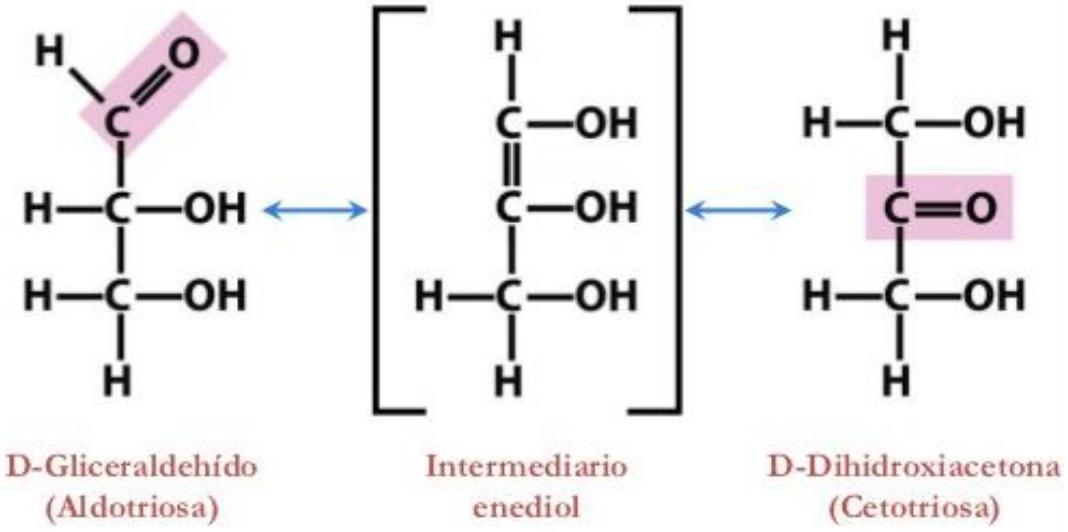
- Son los más sencillos
- Azúcares simples
- Por medio de hidrólisis no pueden originar otros azúcares simples
- Los más abundantes contiene 5 ó 6 carbonos
- Poseen centros quirales

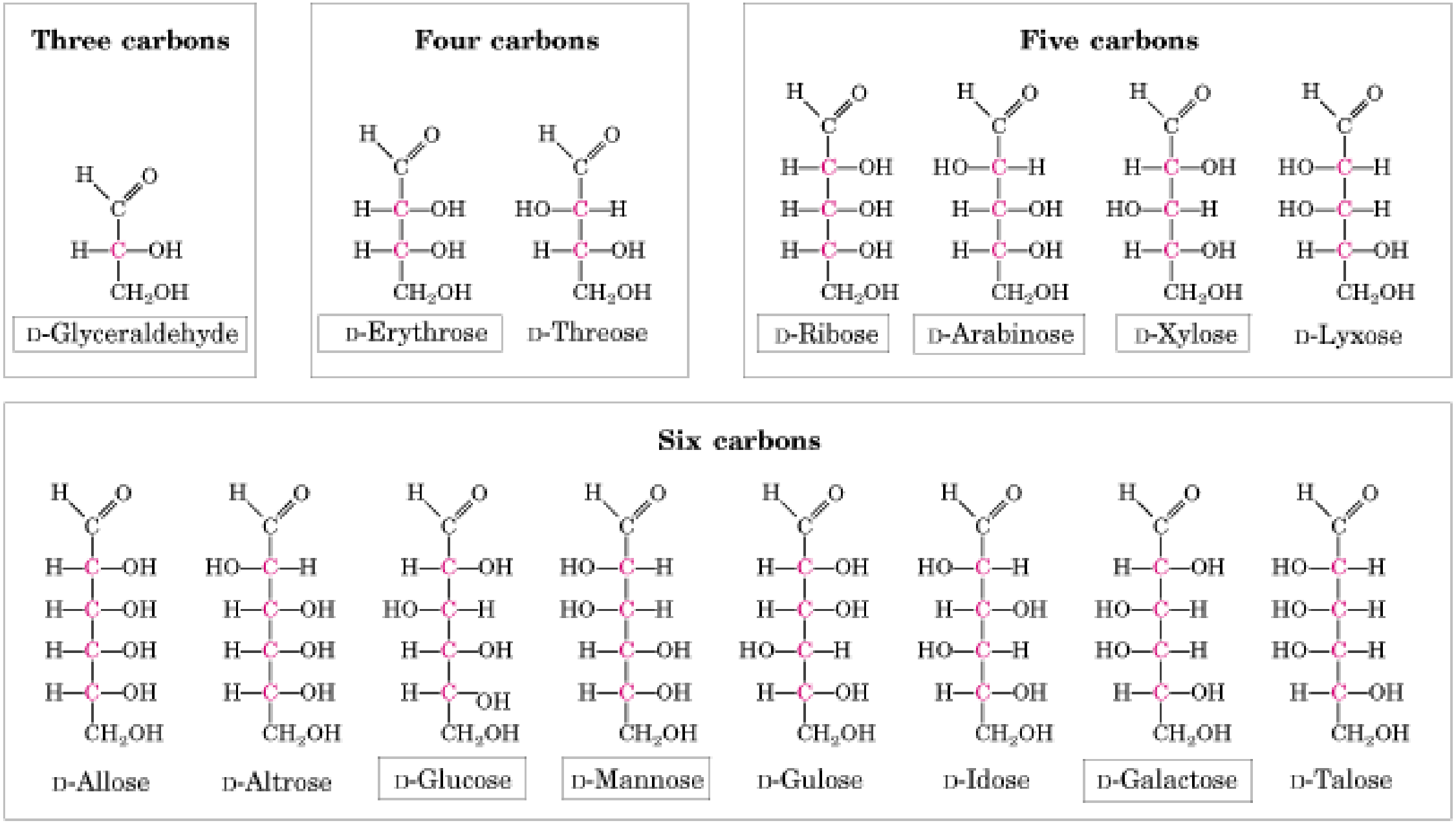
# Nomenclatura

- Según el número de carbonos que componen el esqueleto principal

- Según la función aldehído o cetona



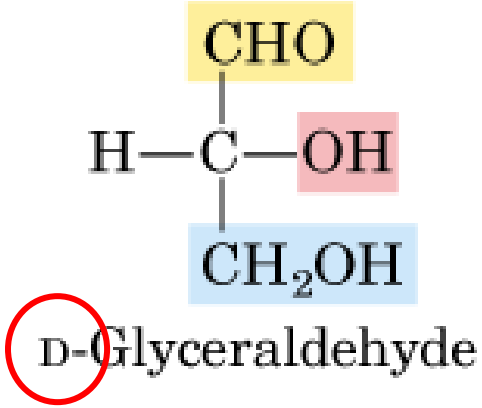



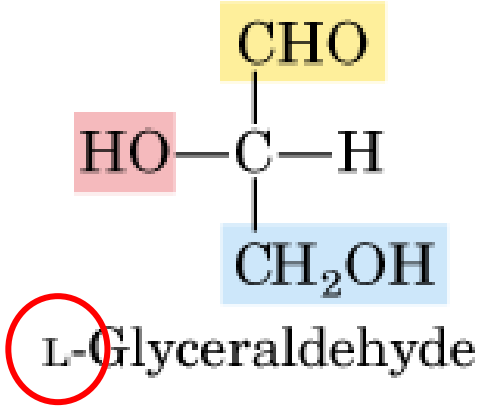

Three carbons
D-Glyceraldehyde
Four carbons
D-Erythrose
D-Threose
Five carbons
D-Ribose
D-Arabinose
D-Xylose
D-Lyxose
Six carbons
D-Allose
D-Altrose
D-Glucose
D-Mannose
D-Gulose
D-Idose
D-Galactose
D-Talose

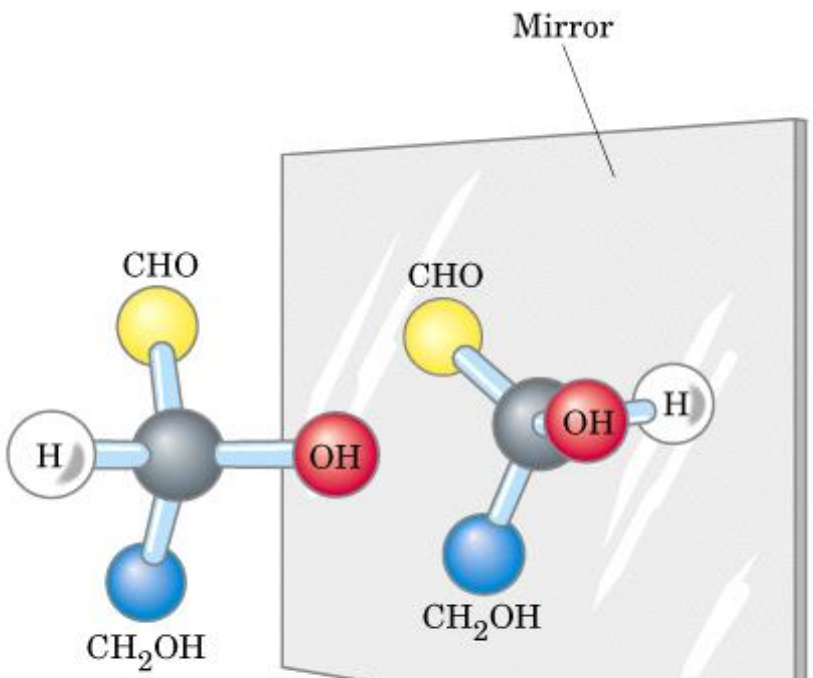
**D-Aldoses**

# Estereoisómeros

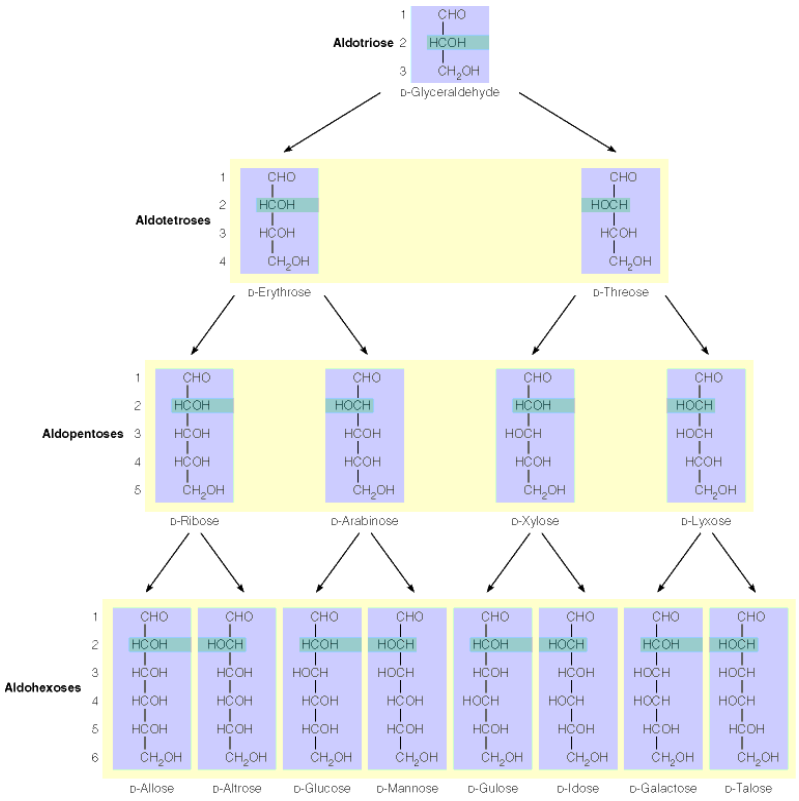
- Tienen la misma fórmula molecular
- Difieren en las propiedades físicas
- Enantiómeros: imágenes especulares, ópticamente activos

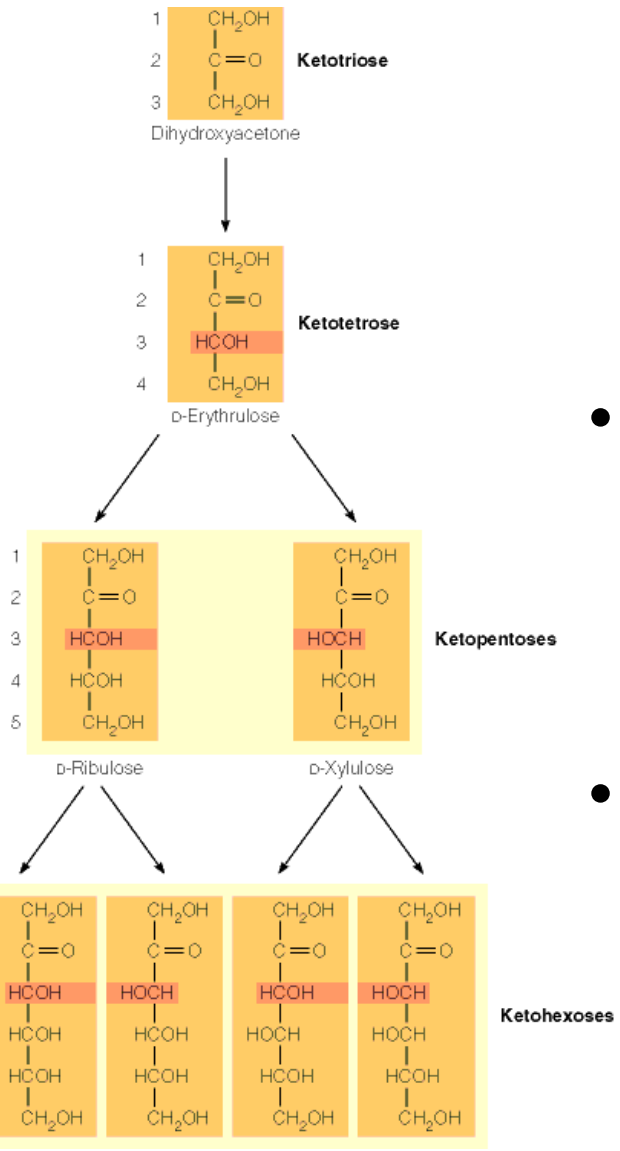


Samuel-L-Jackson Samuel-D-Jackson

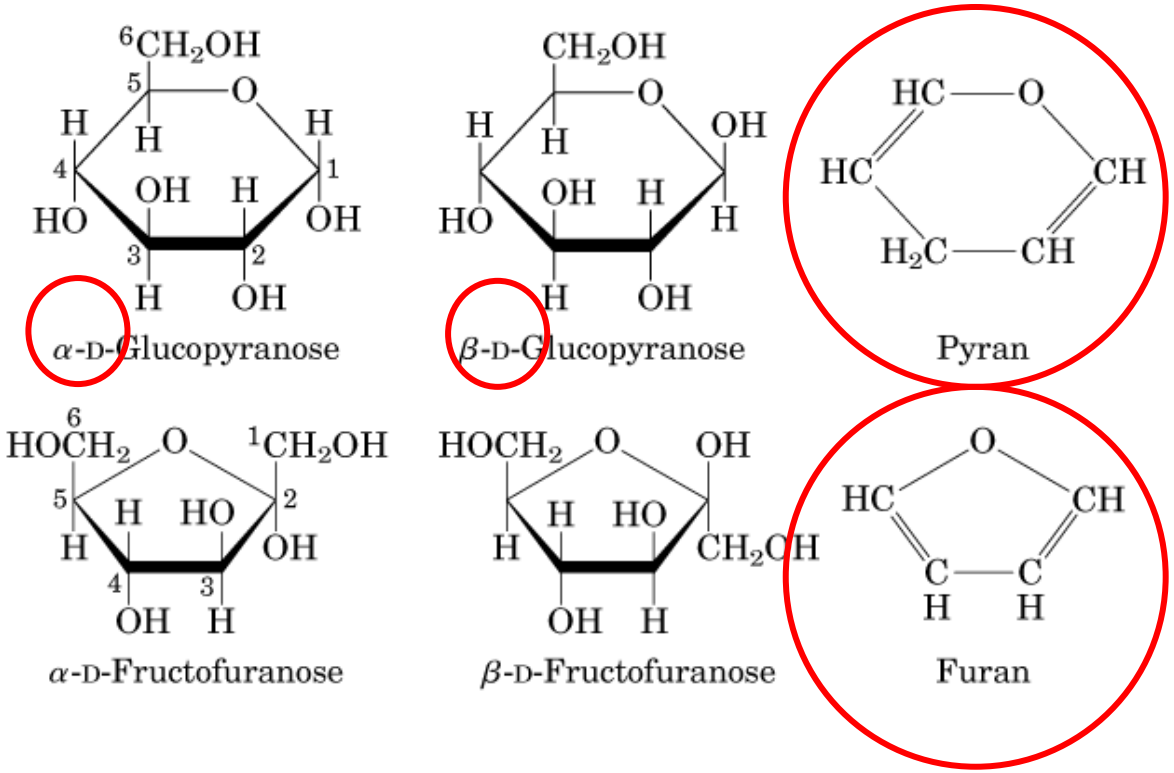


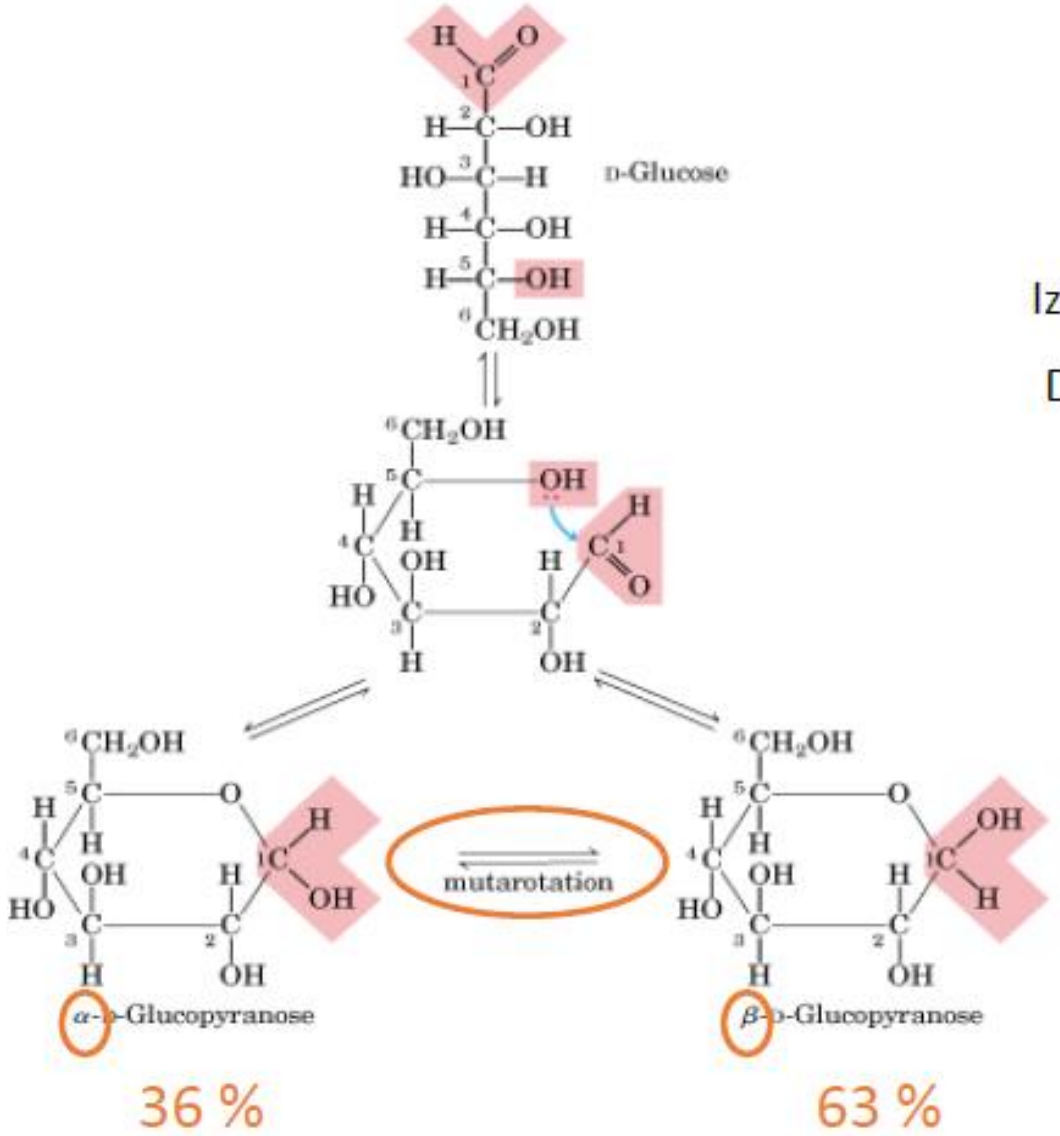




- Todos los esteroisómeros tienen centros quirales, pero sólo los enantiómeros son ópticamente activos (desvían la luz)
- Una molécula con *n* centros quirales posee $2^n$ estereoisómeros. Ej= Glu$2^4$= 16
- La mayoría de las hexosas que pueden ser metabolizadas por los organismos vivos son de la serie D

# Estructura de Haworth

- En solución, el grupo carbonilo reacciona con un grupo OH de la misma molécula formando un *anillo*
  - Anillo de 6 componentes ≈Pirano
  - Anillo de 5 componentes ≈Furano





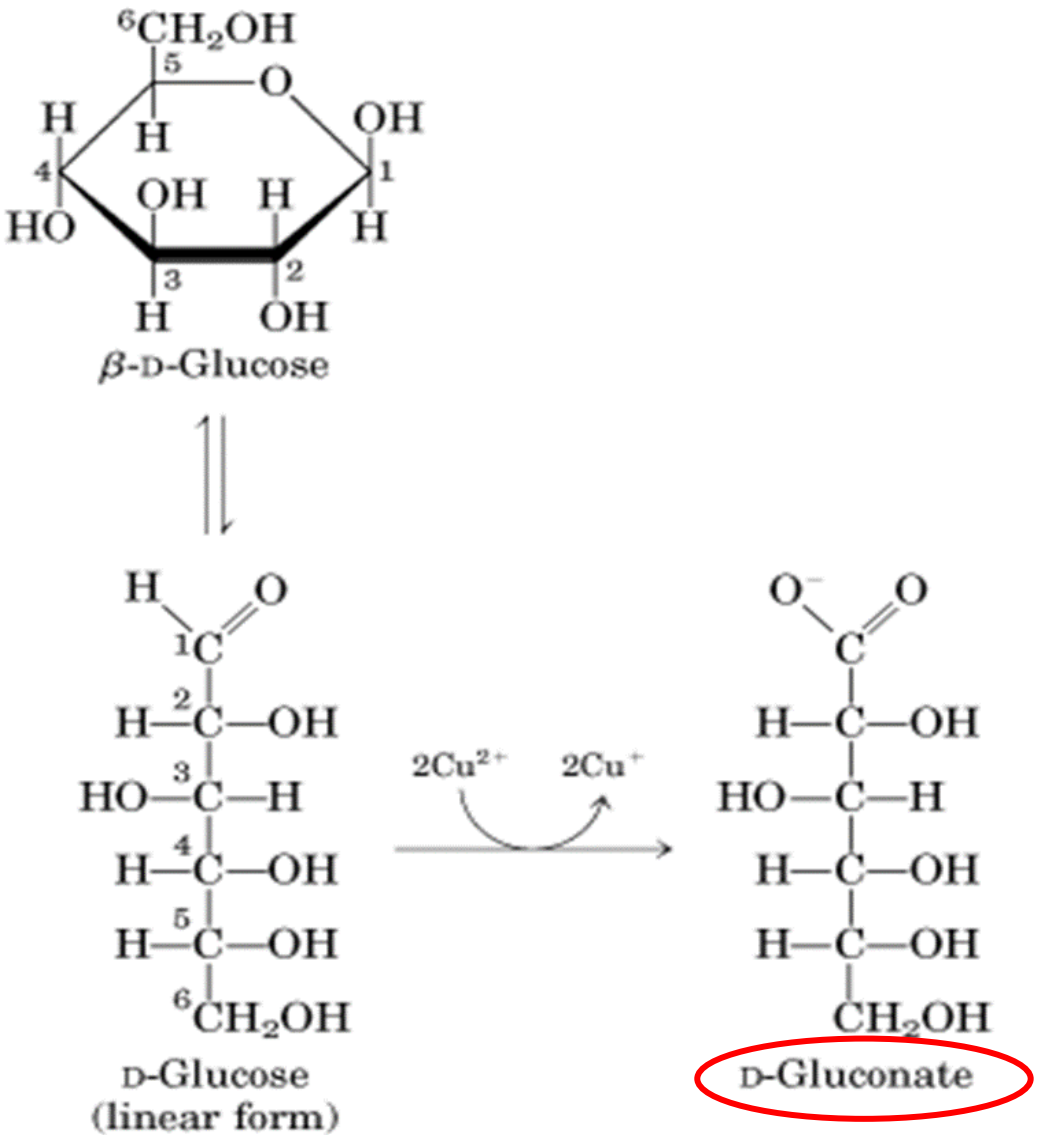

Izquierda : Arriba

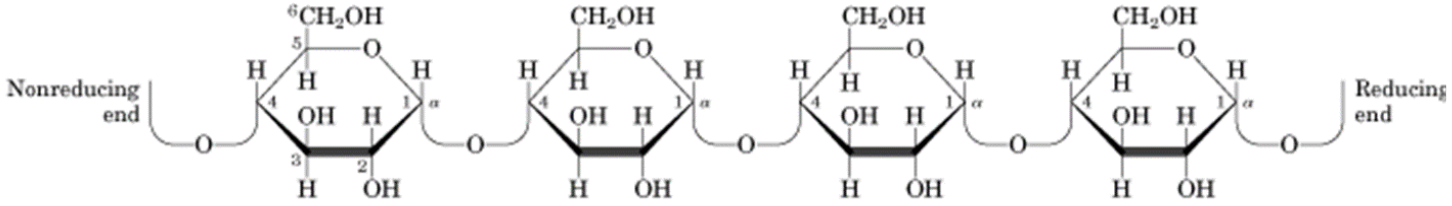
Derecha : Abajo

El grupo carbonilo, anteriormente simétrico, se convierte en un carbono quiral

# Azúcares reductores

- Tienen el carbono anomérico libre
- Capaces de reducir iones de $Fe^{3+}$ y $Cu^{2+}$
  - Todos los monosacáridos
  - Algunos disacáridos
- Provocan la glucosilación no enzimática de proteínas (reacción de Maillard o glicación)




(a)

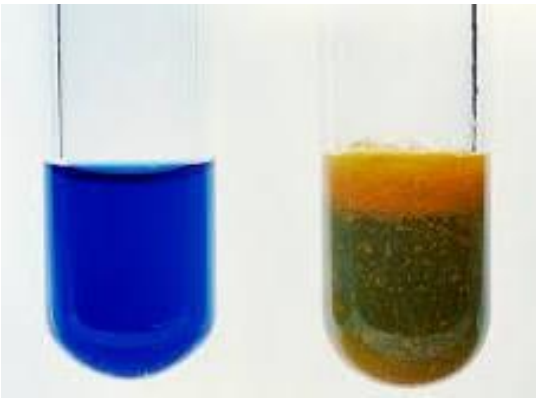
# Azúcares reductores

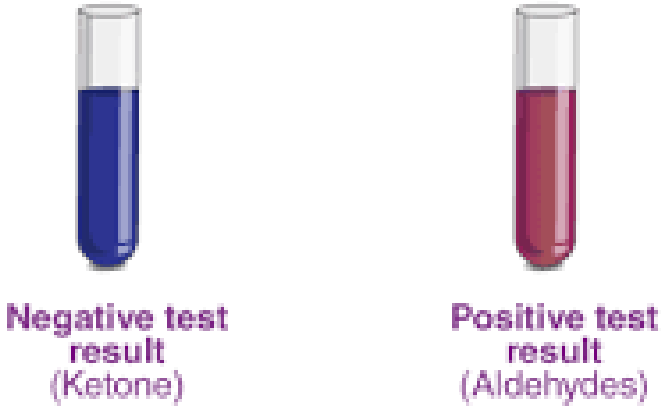
- Reacción de *Fehling* y *Benedict*
  - para demostrar la presencia de glucosa u otros azúcares en la orina o heces
  - para detectar derivados de la glucosa como la sacarosa o la fructosa

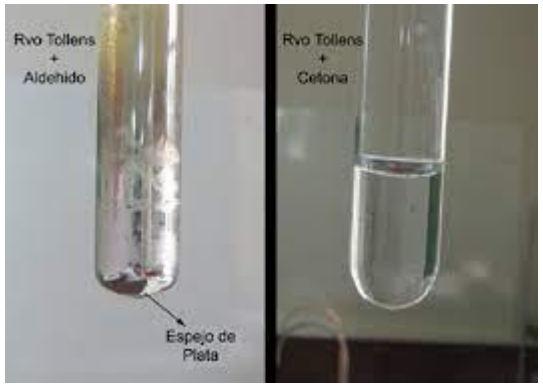
- Exámenes clínicos: errores innatos del metabolismo
  - Galactosemia
  - Glu, Fru, Gal, Lac, Sac, pentosas

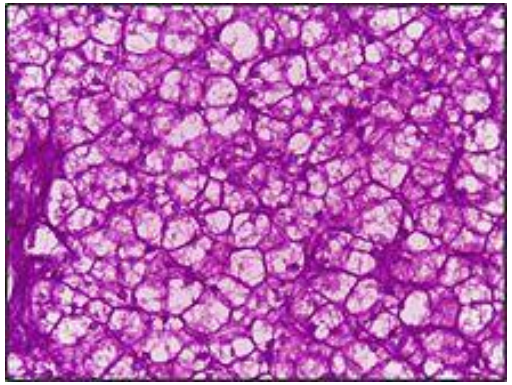
# Azúcares reductores

- Fehling
- Benedict
- Tollens
- Schiff



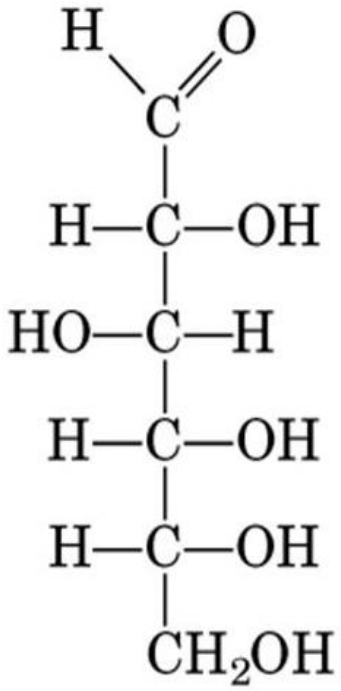


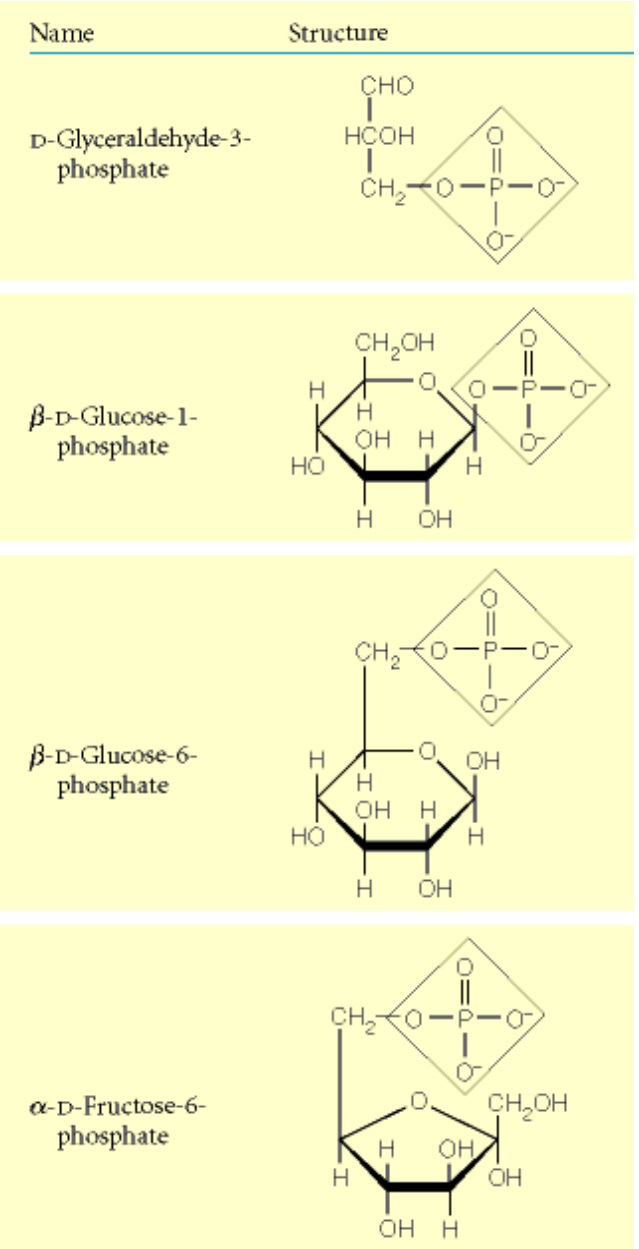
# Derivados de los monosacáridos

- Oxidación de una aldosa → ÁCIDOS
  - Grupo carbonilo a carboxilo: ácidos aldónicos (ej. ácido glucónico)
  - Hidroxilo del C6 a carboxilo: ácidos urónicos (ej. ácido glucurónico)
  - Oxidación del carbonilo y del alcohol primario: ácidos aldáricos o sacáricos (ej. ácido glucárico)



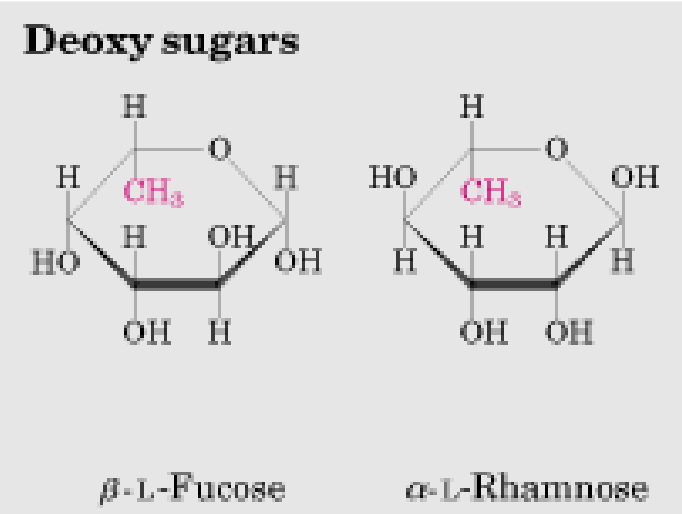
# Derivados de los monosacáridos

- Monosacáridos + ácidos orgánicos → ÉSTERES
  - Glucosa-6-fosfato
  - Fructosa-6-fosfato
  - Fructosa-1,6-difosfato

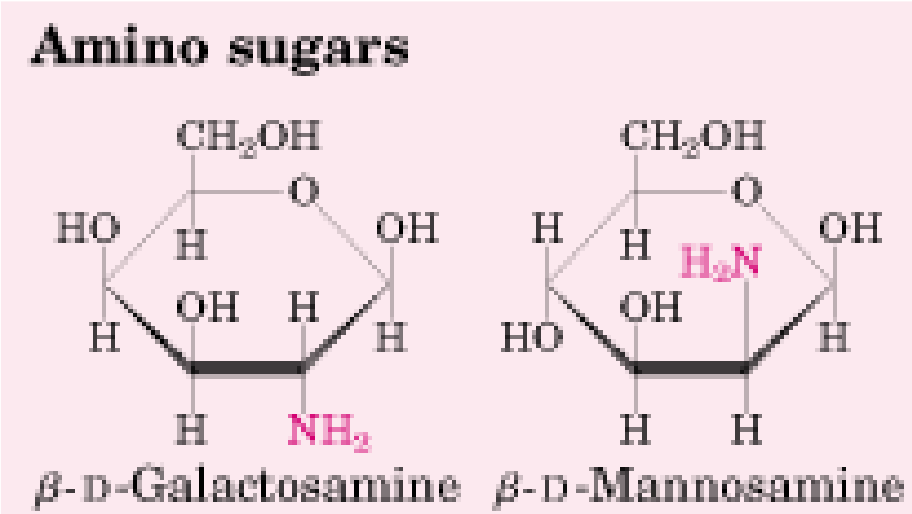


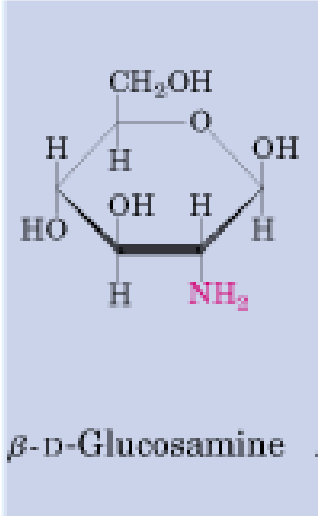
# Derivados de los monosacáridos

- Sustitución de un grupo OH por un H→ DESOXIAZÚCAR
  - 2-Desoxirribosa

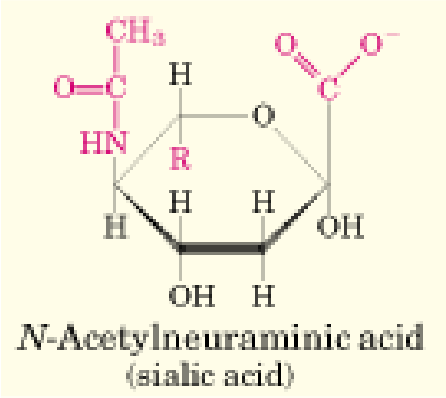



- Sustitución de un grupo OH por un grupo amino → AMINOAZÚCARES
  - 2-Glucosamina y 2-Galactosamina



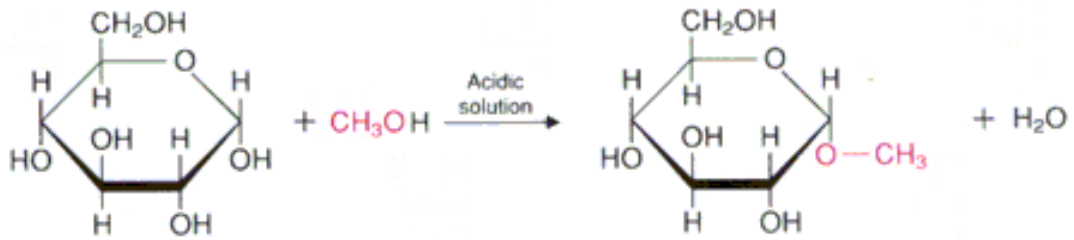
# Aminoazúcares o Hexosaminas




- Componentes de glicoproteínas, gangliósidos y glicosaminoglicanos
- Glucosamina: constituyente del ácido hialurónico (N-acetilglucosamina, ácido murámico y ácido N-acetilmurámico, ácido siálico)
- Galactosamina: constituyente del condroitin (junto al ácido glucurónico)

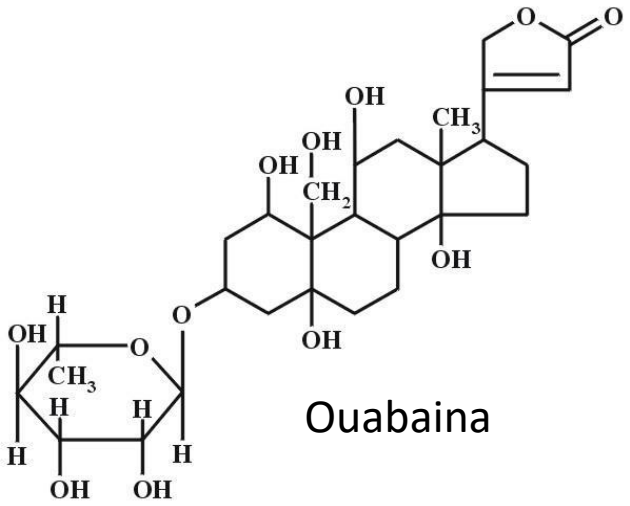
# Derivados de los monosacáridos

- O-Glucósidos

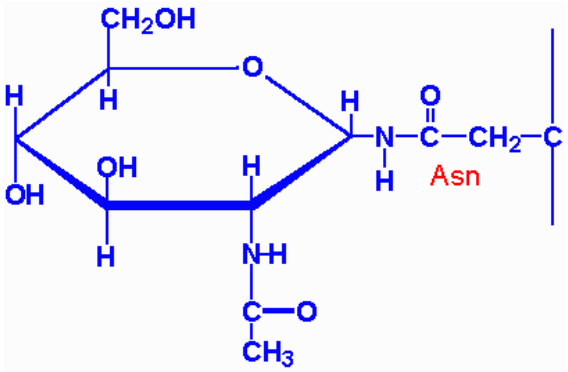



α-D-Glucopyranose

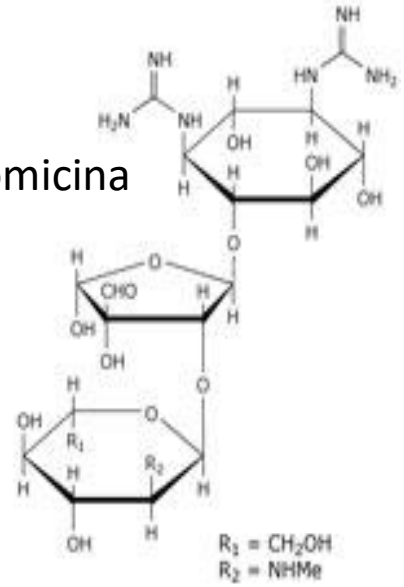
Methyl-α-D-glucopyranoside



Ouabaina

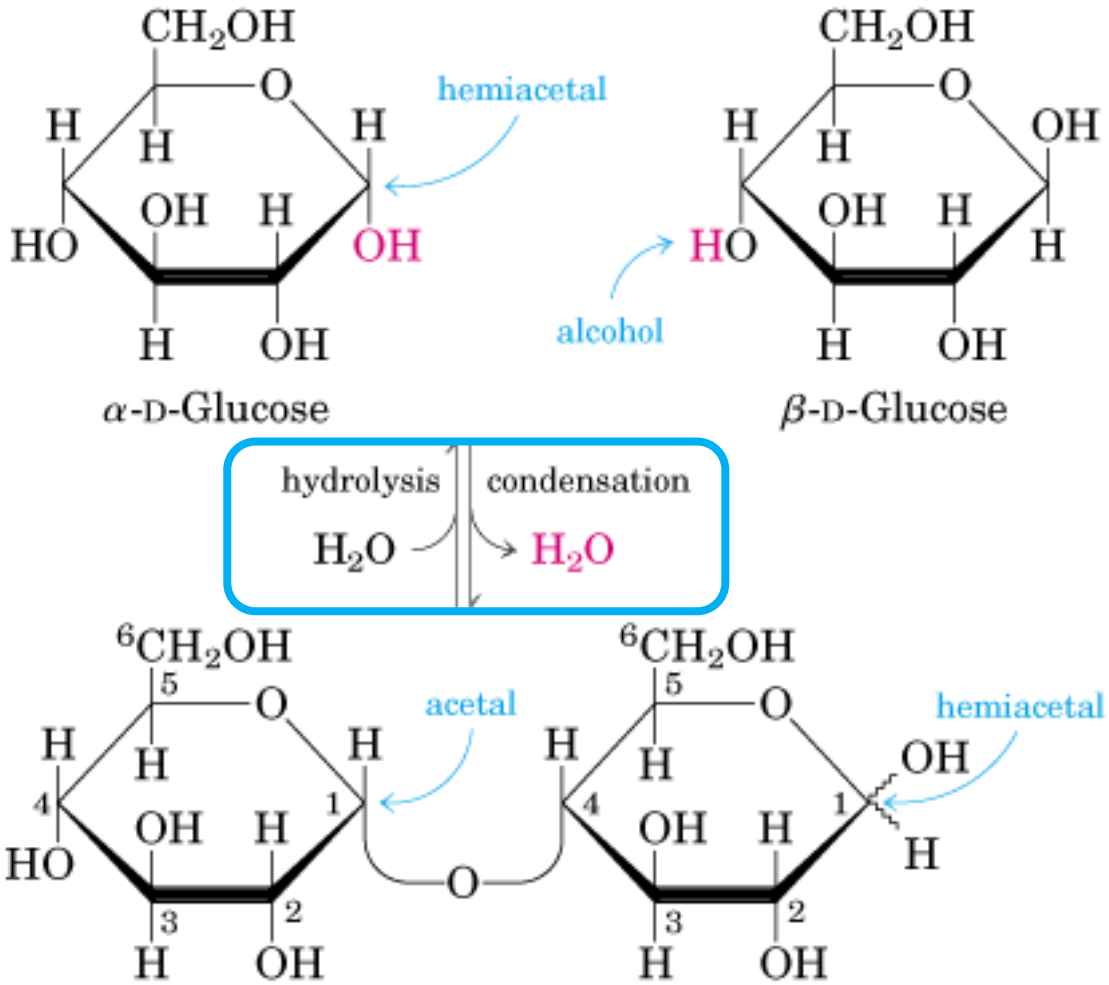



Estreptomicina



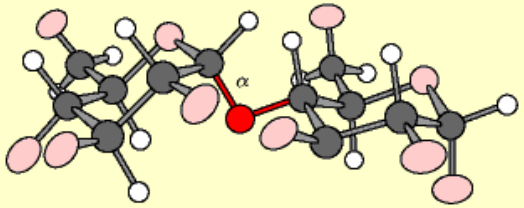
# Disacáridos

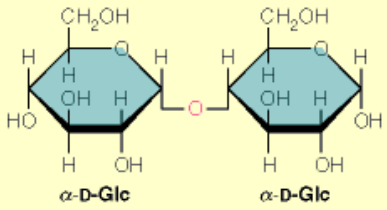
# Enlace glicosílico



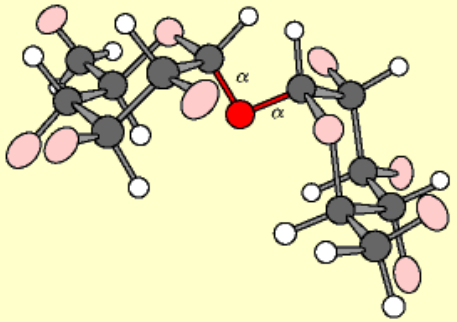
# Disacáridos más comunes

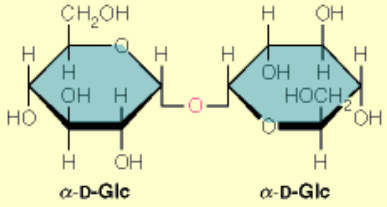
Maltose:
α-D-glucopyranosyl
(1→4) α-D-glucopyranose



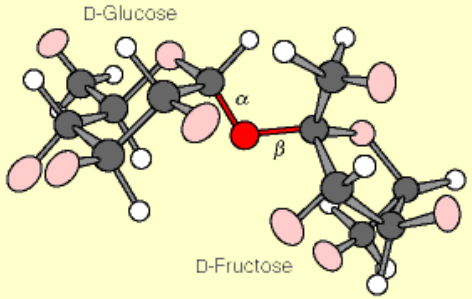



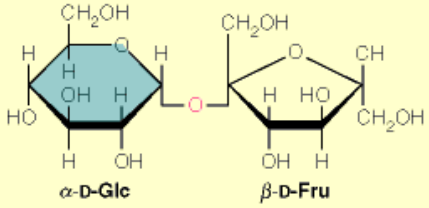

α,α-Trehalose:
α-D-glucopyranosyl
(1→1) α-D-glucopyranose



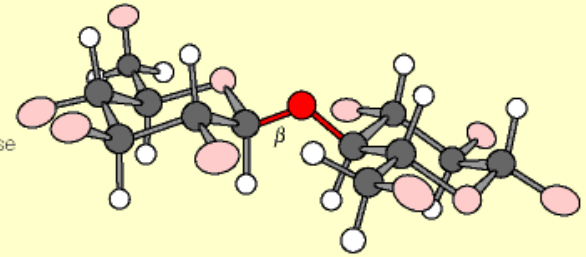



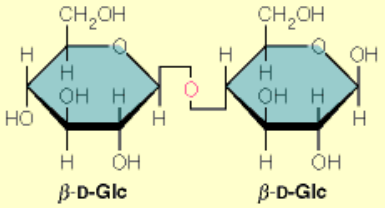

Sucrose:
α-D-glucopyranosyl
(1→2) β-D-fructofuranoside



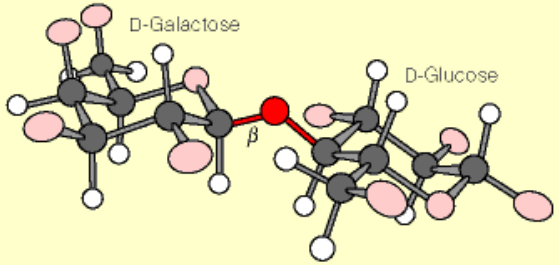



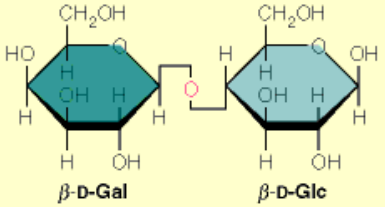

Cellobiose:
β-D-glucopyranosyl
(1→4) β-D-glucopyranose



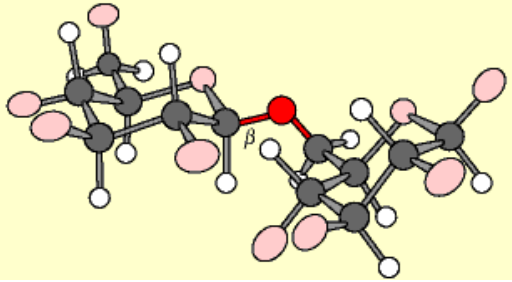



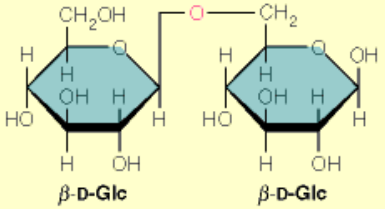

Lactose:
β-D-galactopyranosyl
(1→4) β-D-glucopyranose




Gentiobiose:
β-D-glucopyranosyl
(1→6) β-D-glucopyranose

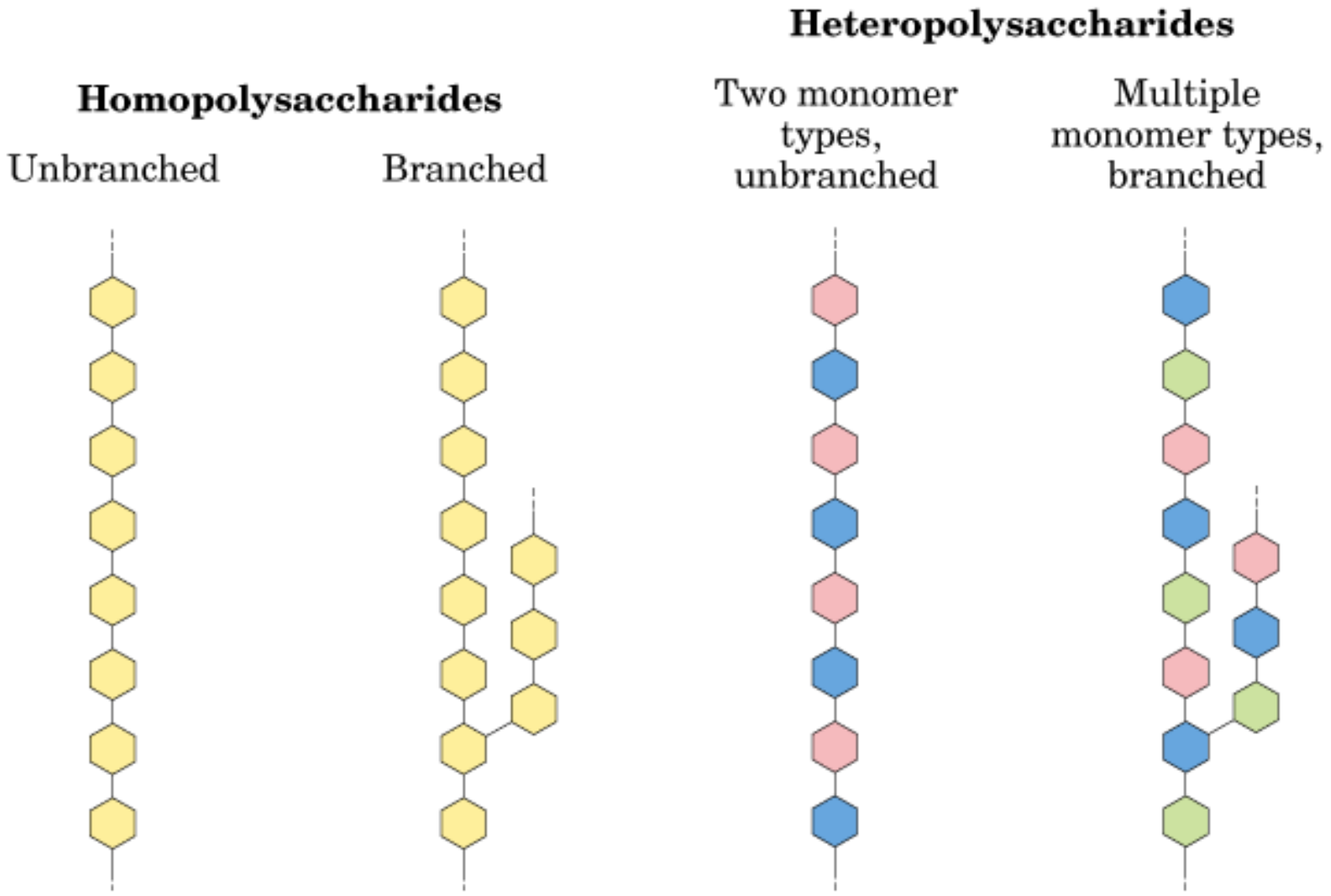


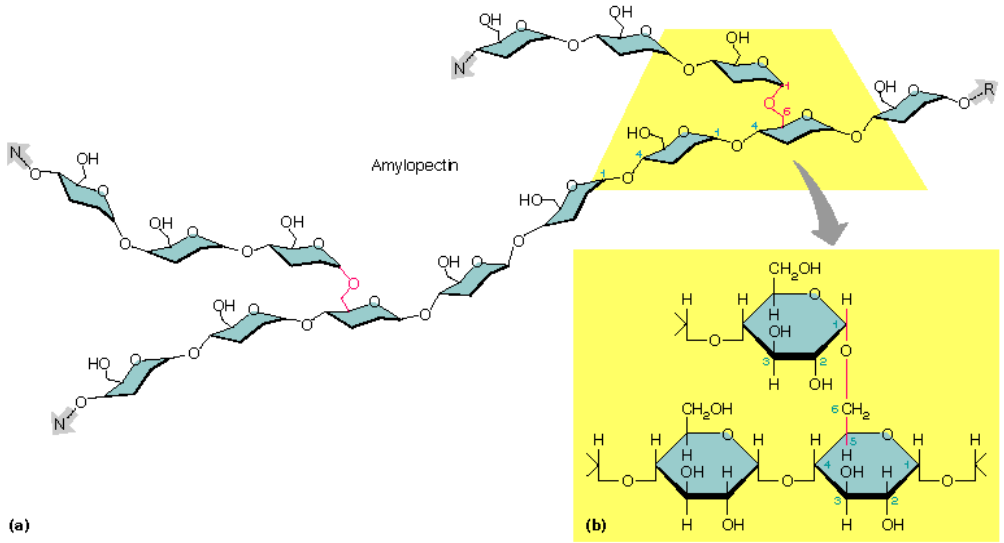
# Polisacáridos

TEC | Tecnológico de Costa Rica

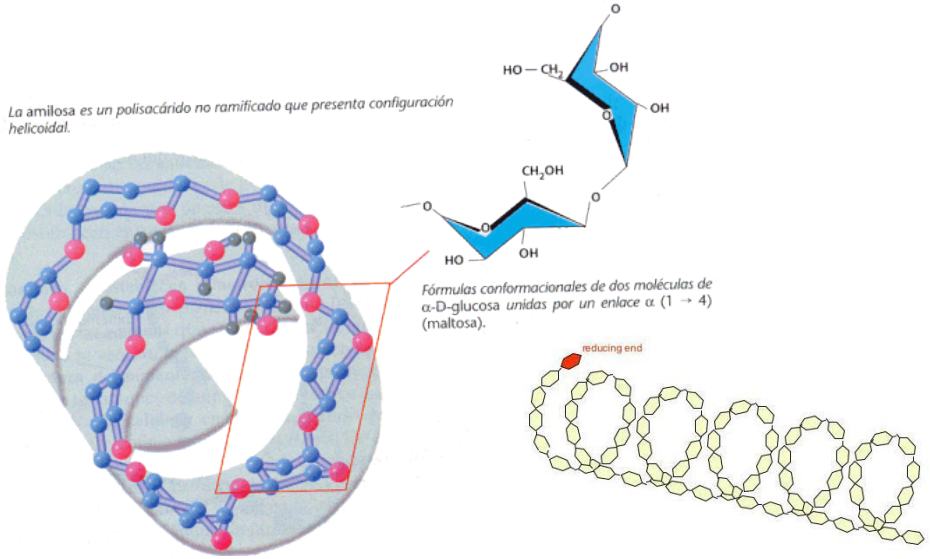
# Polisacáridos

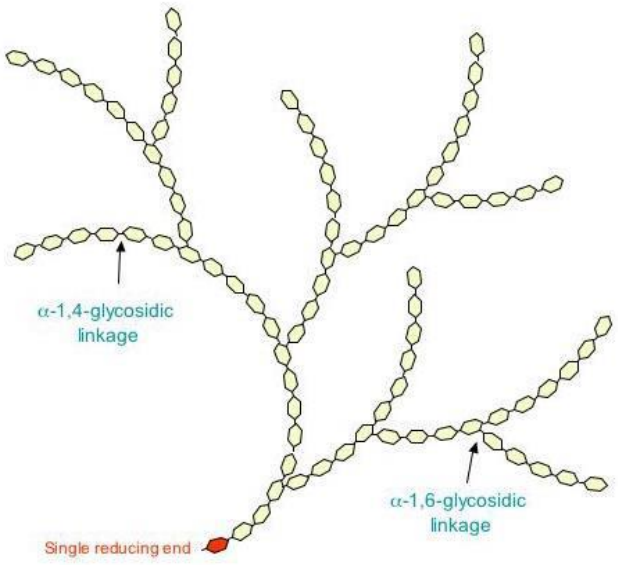


# Almidón



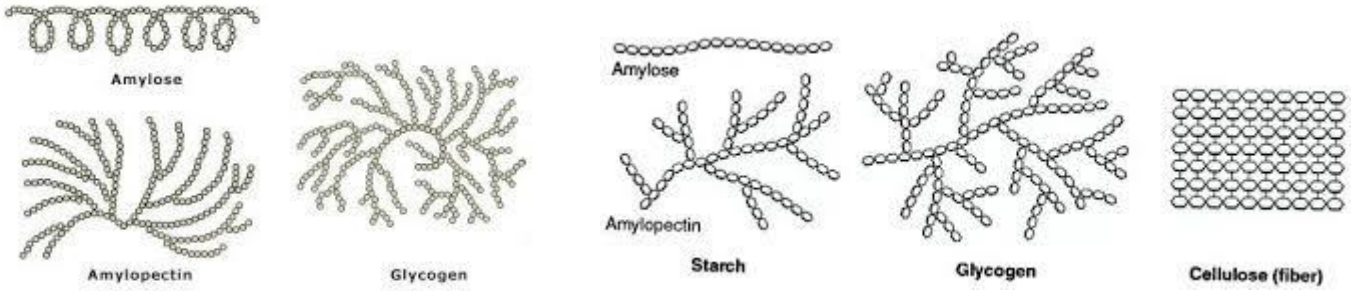

- Exclusivo de las plantas
- Formado sólo por α-D-Glu
- Amilosa(α1-4) y Amilopectina(α1-6) (cada 24 a 30 residuos)
- Reserva de energía para las plantas

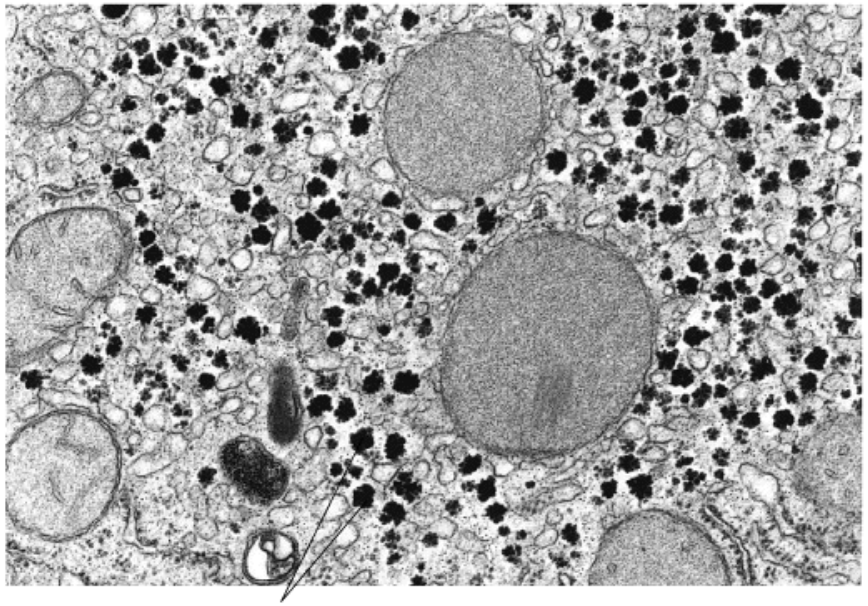


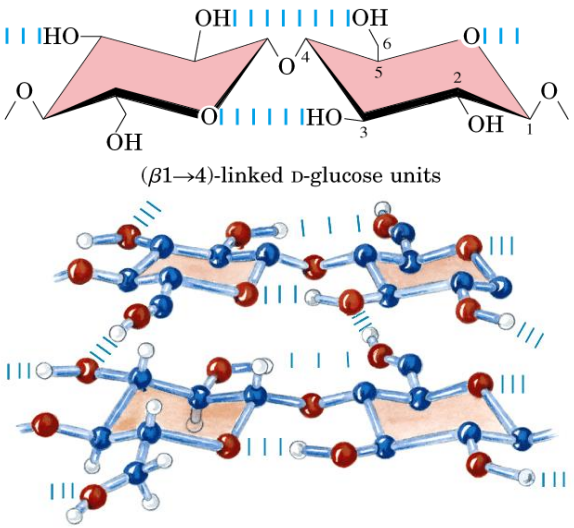
# Glucógeno

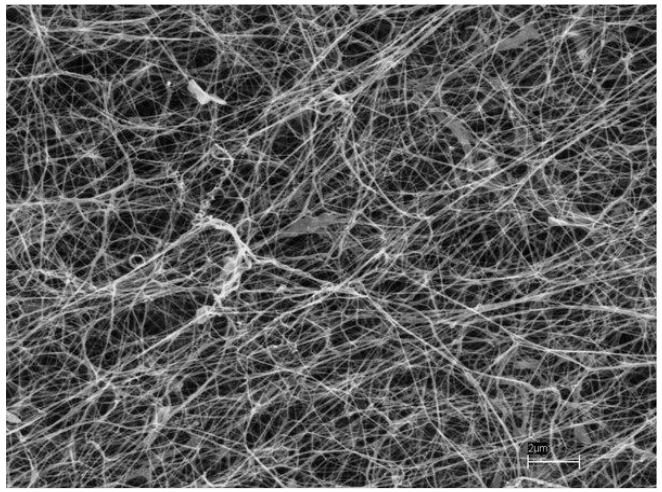
- Reserva de energía en animales y bacterias
- Polímero ramificado (8 a 12 residuos)
- Principalmente en miocitos y hepatocitos



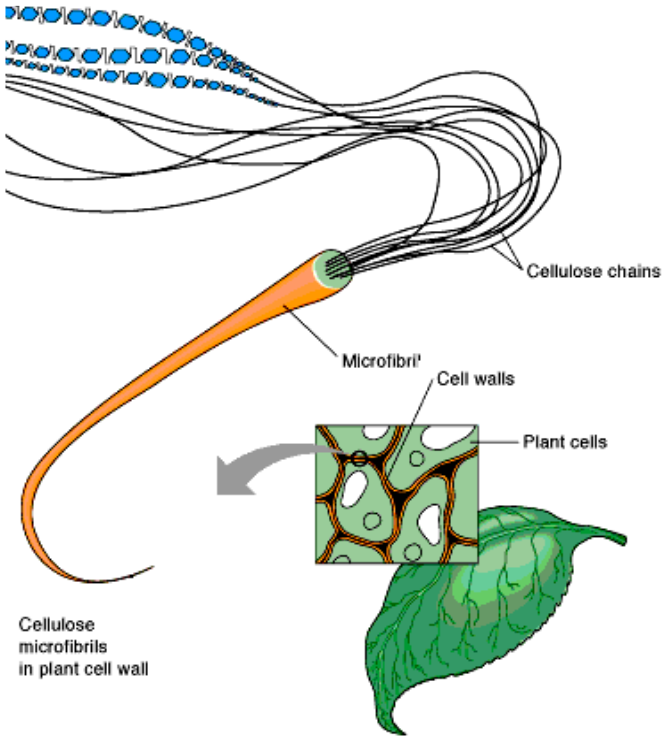



# Celulosa



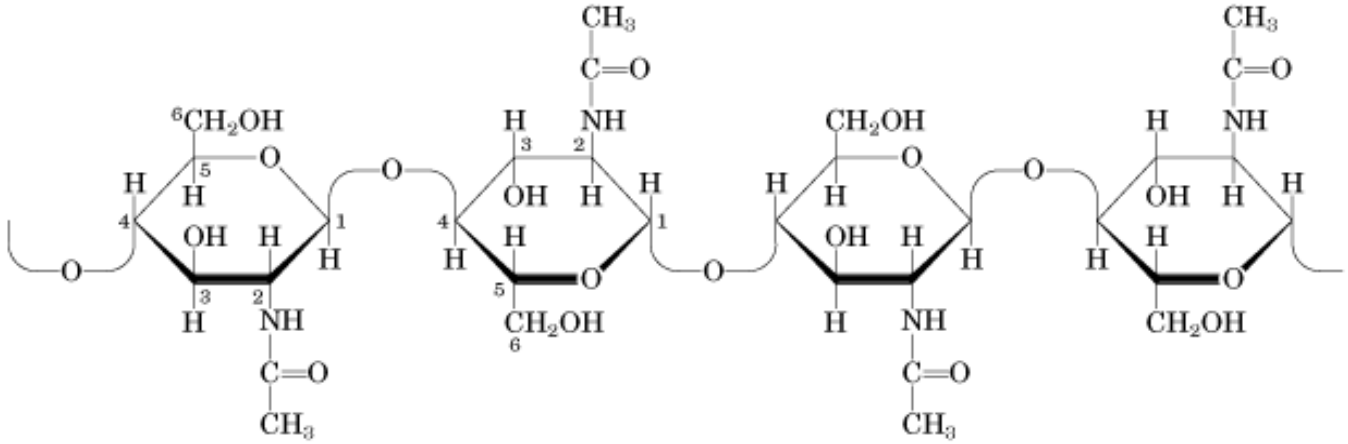
Estructura de la celulosa microbiana




- Sustancia orgánica más abundante en la naturaleza
- Formada por cadenas de Glu alineadas paralelamente por medio de puentes de H: alta cohesión y rigidez, hidrofobicidad
- Residuos de Glu en configuración ß-D, unidas por enlaces (ß1→4)

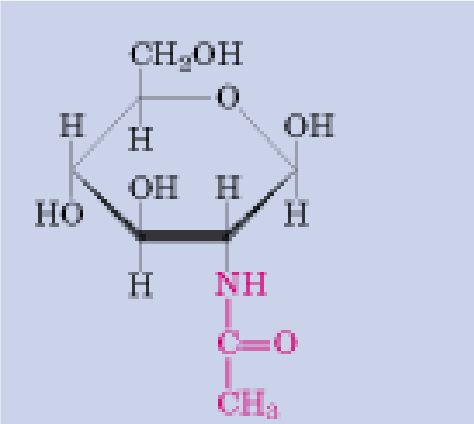
# Quitina

- Principal componente estructural del exoesqueleto de los invertebrados
- También presente en algas y hongos
- Homopolisacárido formado por unidades repetidas de N-acetil-D-glucosamina unidas por (ß1→4)



# Heteropolisacáridos

- Cadenas de 2 o más monosacáridos diferentes que se repiten de manera ordenada
- Por lo general no son de gran tamaño
- Asociados covalentemente a proteínas y lípidos (glicoconjugados)
- ***Glicosaminoglicanos*** o ***mucopolisacáridos***
- En la matriz extracelular (tejidos conectivos)
- Polímeros lineales compuestos de unidades de disacáridos repetidas
  - N-acetilglucosaminao la N-acetilgalactosamina
  - Ácido urónico: D-glucurónico o L-idurónico



*N*-Acetyl-β-D-glucosamine

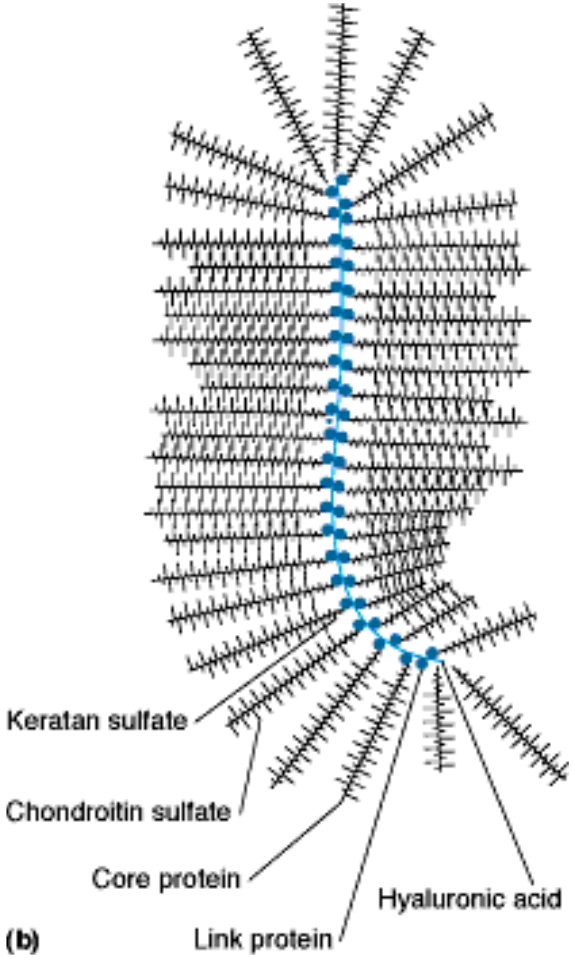
# Condroitín-4-sulfato

- Aproximadamente 20 a 60 repeticiones del disacárido (ácido glucorónico+ N-acetil-galactosamina sulfatada)
- Esencial para la formación del cartílago, que constituye todo el esqueleto de animales acuáticos (tiburón)

# Queratán sulfatos

- 25 repeticiones del disacárido (Galactosa + N-acetil-galactosamina sulfatada)
- Importantes en la constitución de la estructura de la córnea, uñas, cuernos de algunos animales, pelo, etc

# Ácido hialurónico o Hialuronato

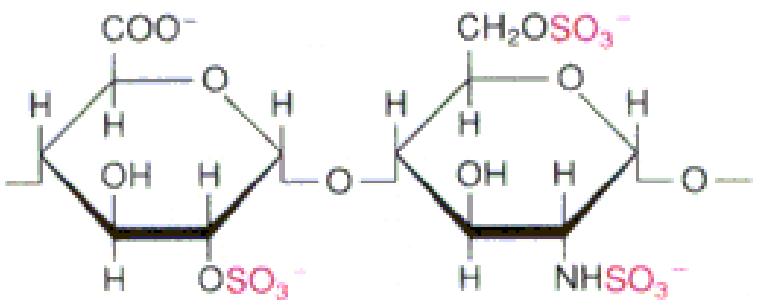



Estructura del proteoglucano del cartílago bovino

- Aproximadamente 50 000 repeticiones del disacárido (ácido glucorónico + N-acetil-glucosamina)
- Altamente viscoso a temperatura ambiente
- Componente de la matriz extracelular de cartílagos y tendones, da elasticidad y fortaleza

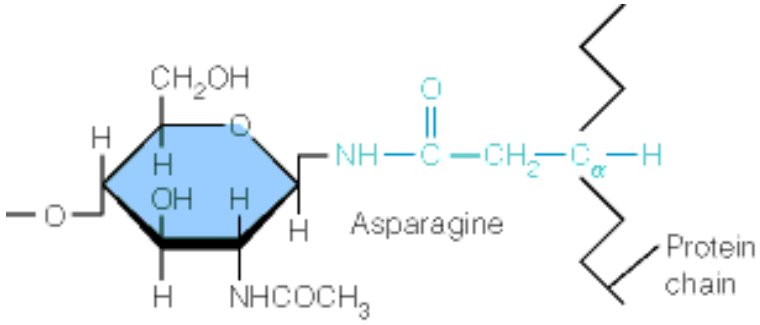
# Heparina

- Es un glicosaminoglucano de secreción
- D-glucosamina-N-sulfato y 6-sulfato unida por enlace α1→4 a una molécula de ácido D-glucurónico con un grupo D-sulfato
- Anticoagulante: estimula la antitrombina III y promueve la liberación de lipoprotein lipasa (LPL) del endotelio vascular

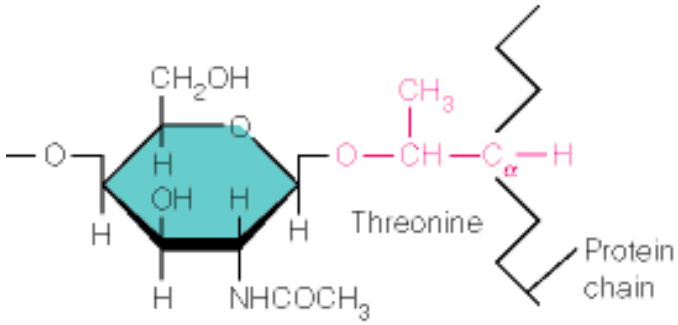



Heparin

# Glicoproteínas y glicolípidos

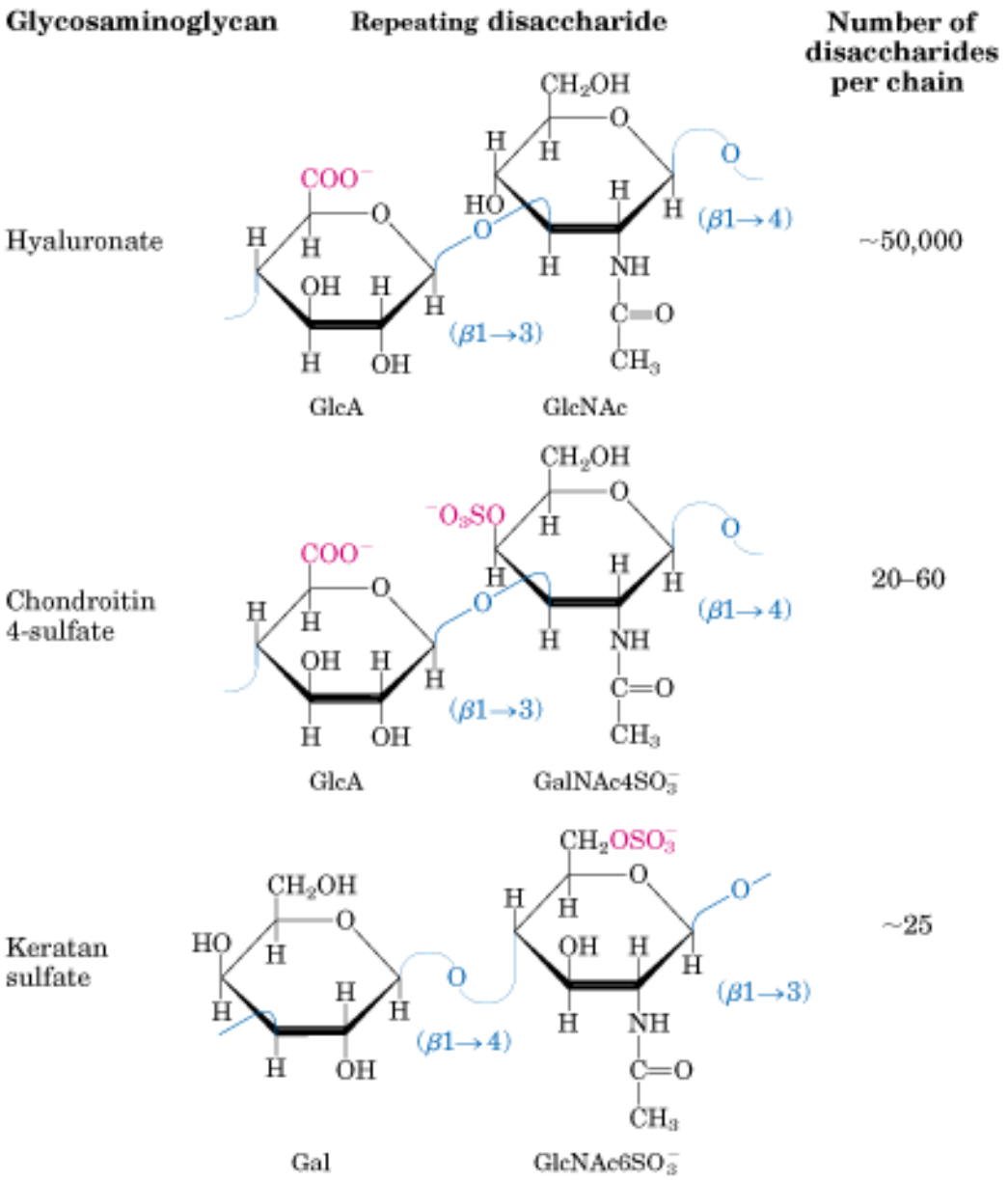



**(a)** *N*-Acetylglucosamine



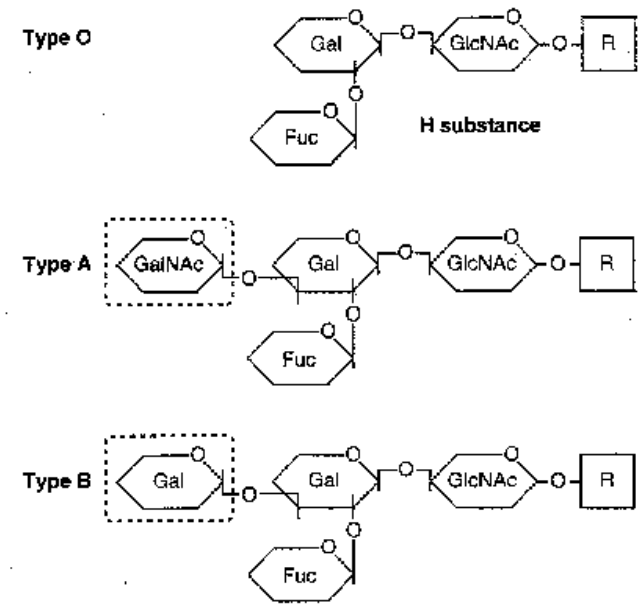

**(b)** *N*-Acetylgalactosamine

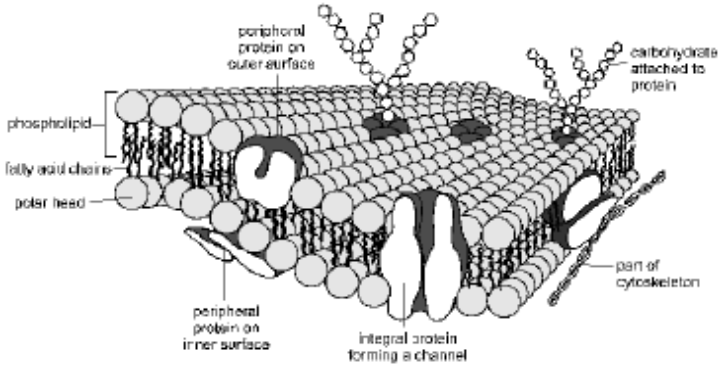
Enlaces de las glicoproteínas

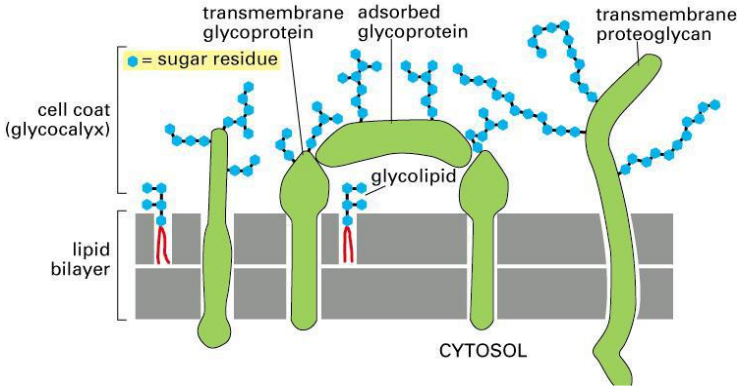


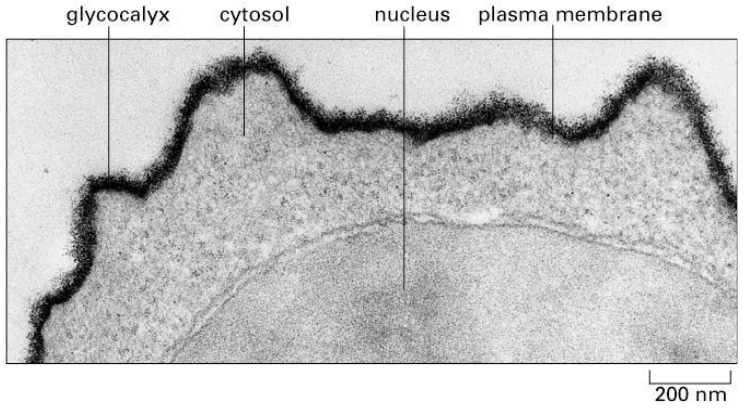
# Glucanos

- Con enlace –O
- Marcadores y/o receptores celulares



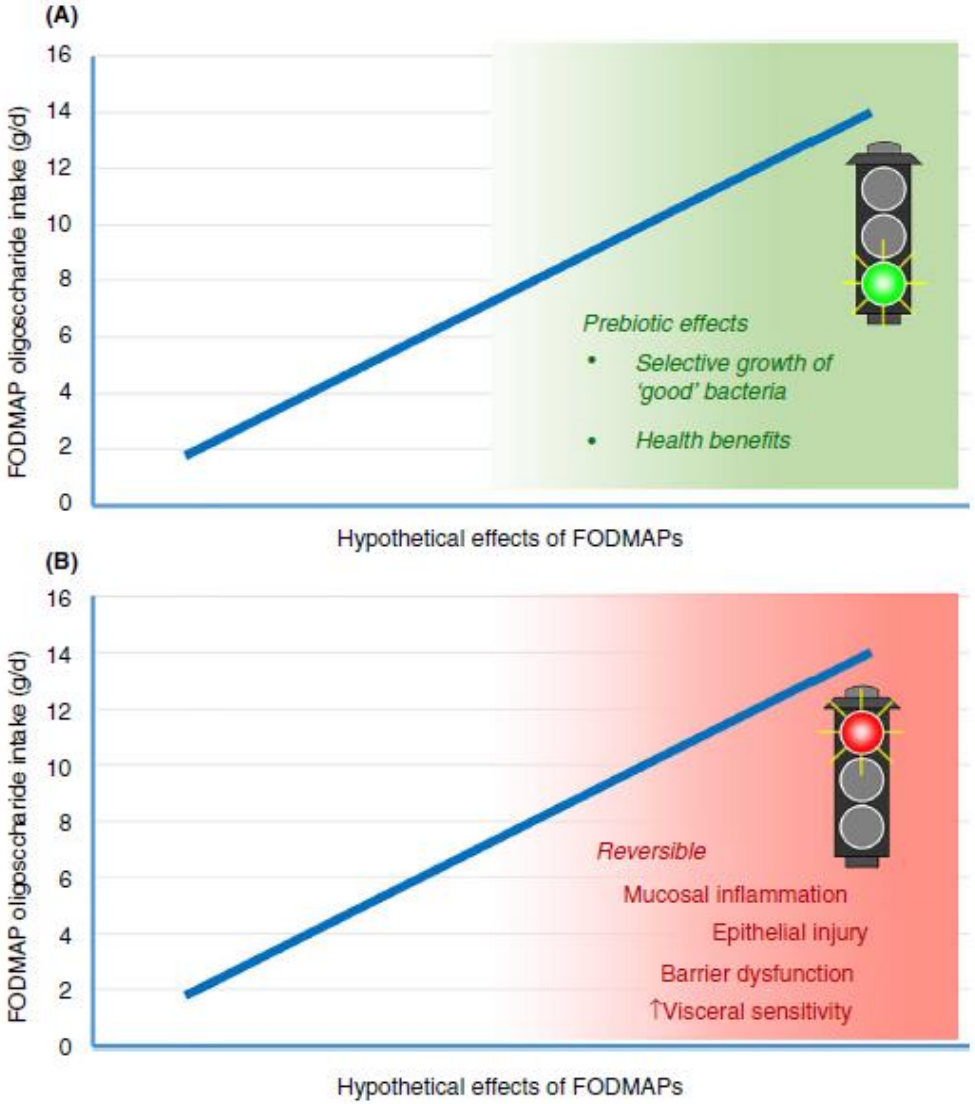



# Miel

- Efectos curativos por efecto osmótico
- La cantidad de sacarosa en la miel da una referencia del tiempo que lleva envasada, cuando empieza a enrojecer es debido a que la Fru y la Glu empiezan a combinarse y a formar sacarosa (Glu40% y Fru30%)
- Contiene 20% menos calorías que el azúcar de mesa y un poder edulcorante más elevado
- Contiene minerales, vitaminas, aminoácidos, etc
- Propiedades:
  - Aporte de Oligoelementos: Mg, Ca, Fe, Zn, aminoácidos, etc.
  - Lucha contra alergias: Contiene flavonoides
  - Disminuye la incidencia de caries
  - Poder desinfectante y cicatrizante (efecto osmótico y producción de $H_2O_2$)

# FODMAPs

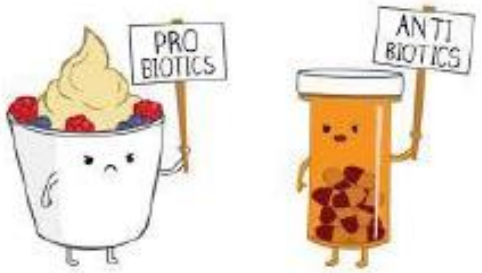
- Fermentable Oligosaccharides, Monosaccharides, Disaccharides and Polyols

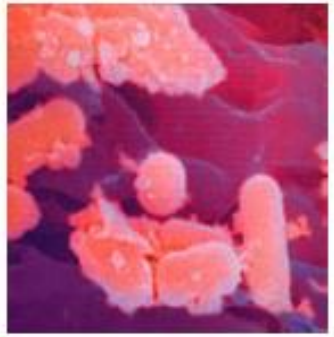



DOI: 10.1111/apt.15818

# Prebióticos y probióticos

- Homopolisacáridos de reserva
- Inulina y oligofructosa

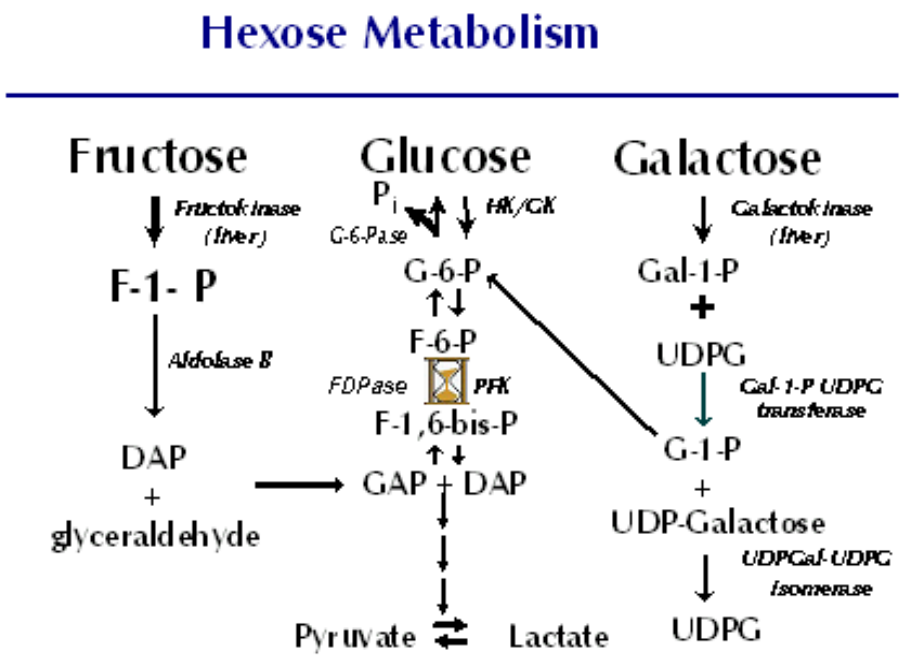


*Lactobacillus* en epitelio gástrico de ratón

# Trastornos del metabolismo de carbohidratos

- Metabolismo de la fructosa:
  - Vías convergen sin pasar por la reacción de la fosfofructoquinasa I, principal punto de control de la glicólisis
  - Dietas altas en fructosa
    - Hiperuricemia, gota, aumento de la lipogénesis por la rápida producción de acetil-CoA
  - Diabetes y edulcorantes



# Trastornos del metabolismo de carbohidratos

- Intolerancia a la fructosa:
  - Errores congénitos de deficiencia de enzimas que participan en su metabolismo
  - Fructoquinasa, aldolasa A, aldolasa B, fructosa 1,6 difosfatasa, entre otras

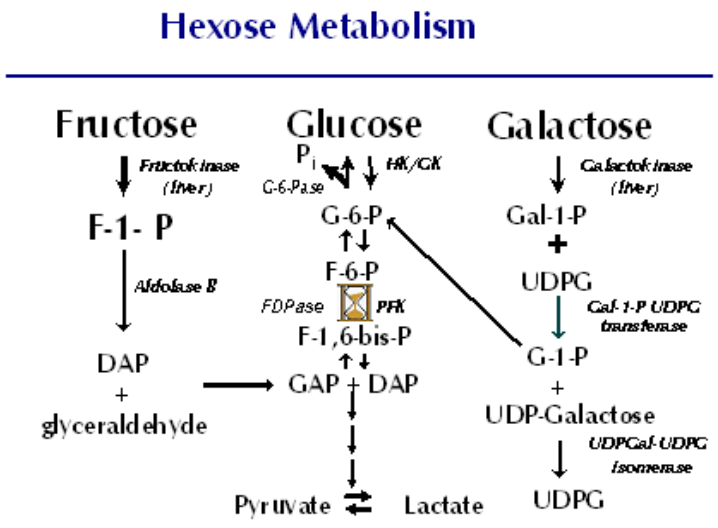
# Trastornos del metabolismo de carbohidratos

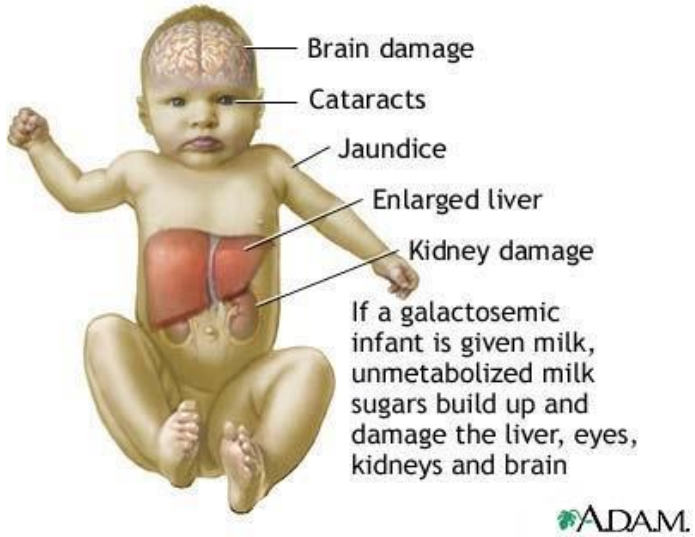
- Intolerancia a la lactosa:
  - Deficiencia de “Lactasa”, enzima digestiva
  - Se afecta la absorción de Lac y con esto la principal fuente de Gal en la dieta
  - Cólicos abdominales, distensión y diarrea
  - Hereditaria o no

Intolerancia a la lactosa por una infección viral

# Trastornos del metabolismo de carbohidratos

- Galactosemia:
  - Trastorno hereditario
  - Incapacidad de sintetizar la enzima Galactoquinasa o Gal-1-P-uridiltransferasa
  - Falla en el crecimiento, retardo mental, muerte por daño hepático



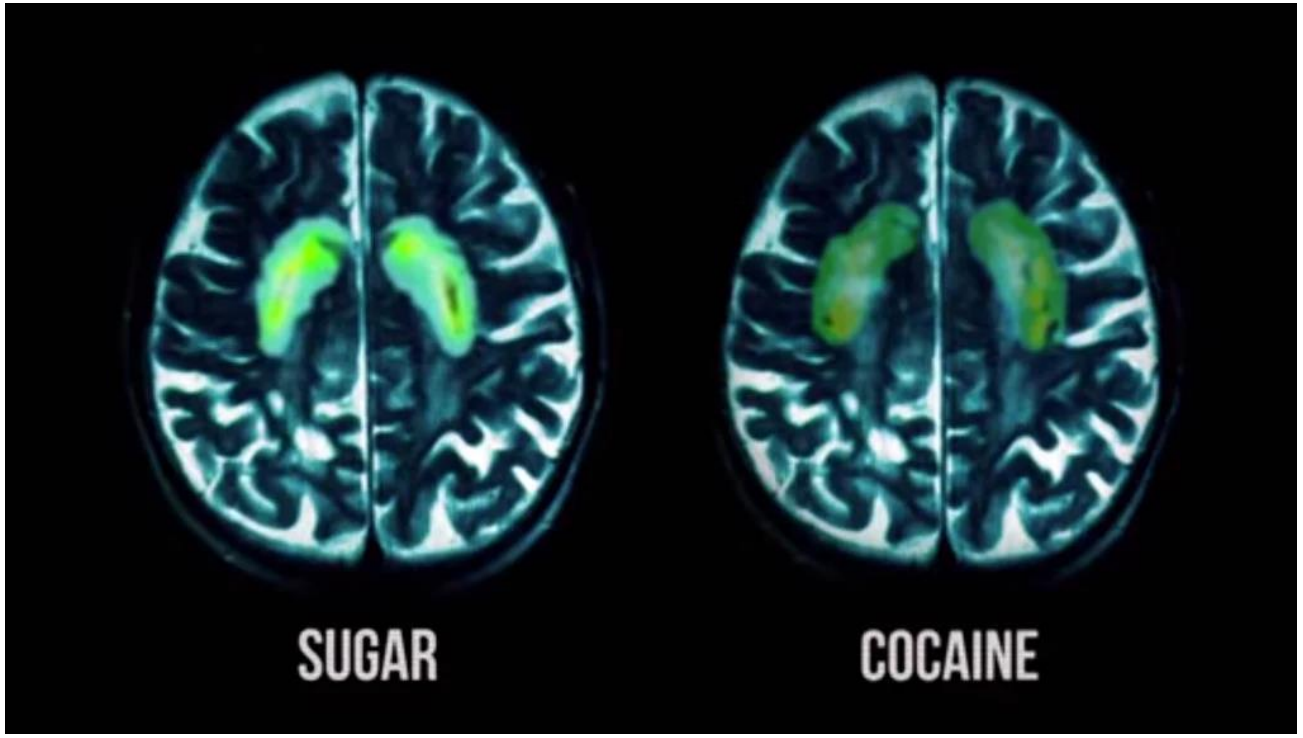



# COMPARACIÓN DE EDULCORANTES CON SACAROSA

| Edulcorante | Grado de dulzura | PE relativo a la sacarosa (azúcar común) |
|---|---|---|
| Sacarosa | 100 | - |
| Fructosa | 173.3 | 1,73 |
| Glucosa | 74,3 | 0.74 |
| Lactosa | 16 | 0.16 |
| Maltosa | 32 | 0.32 |
| Galactosa | 32 | 0.32 |
| Sacarina | 30.000-40.000 | 300 o 400 |
| Ciclamato de sodio | 5.000 - 10.000 | 50-100 |
| Aspartame | 15000 - 2000 | 150-200 |
| Neotame | 700.000 – 1.300.000 | 7000 a 13000 |
| Acesulfame k | 20.000 | 200 |
| Taumatina | 250.000 | 2500 |
| DHC de la neohesperidina | 25.000 – 200.000 | 250 y 2000 |
| Sucralosa | 60.000 | 600 |
| Estiviosido | 35.000 – 40.000 | 350-400 |

# Consumo carbohidratos

- Aumento insulina
  - Interacción con hormona tiroides
  - Efecto adictivo
    - producción de serotonina, dopamina, …
  - Inflamación




- **Recomendación:**

**https://www.youtube.com/watch?v=OpM49NbKTP0**

Fuente de la imagen: https://www.mic.com/articles/88015/what-happens-to-your-brain-on-sugar-explained-by-science

- https://www.youtube.com/watch?v=Vp1mXOmrH1Y

- https://www.youtube.com/watch?v=nM-ySWyID9o&t=338s